

(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-243971

(P 2 0 0 2 - 2 4 3 9 7 1 A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002. 8. 28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

G02B 6/255  
6/20

G02B 6/20  
6/24

Z 2H036  
301 2H050

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-41749 (P 2001-41749)

(22) 出願日 平成13年2月19日 (2001. 2. 19)

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社  
兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 田中 正俊

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外7名)

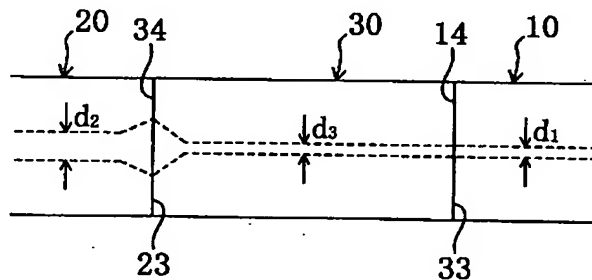
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶ファイバの接続方法及びその接続構造体並びにその接続構造体の構成部材

## (57) 【要約】

【課題】 モードフィールド径が相対的に小さいフォトニック結晶ファイバを、モードフィールド径が相対的に大きい被接続光ファイバに低接続損失で接続する方法を提供する。

【解決手段】 フォトニック結晶ファイバ10を、そのフォトニック結晶ファイバ10のモードフィールド径 $d_1$ よりも大きいモードフィールド径 $d_2$ を有する被接続光ファイバ20に接続する方法において、フォトニック結晶ファイバ10のモードフィールド径 $d_1$ と被接続光ファイバ20のモードフィールド径 $d_2$ との中間のモードフィールド径 $d_3$ を有するバッファ光ファイバ30の一端33にフォトニック結晶ファイバ10の接続端14を接続する一方、バッファ光ファイバ30の他端34に被接続光ファイバ20の接続端23を接続する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトニッククリスタルファイバを、該フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径よりも大きいモードフィールド径を有する被接続光ファイバに接続する方法であって、

上記フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径と上記被接続光ファイバのモードフィールド径との中間のモードフィールド径を有するバッファ光ファイバの一端に上記フォトニッククリスタルファイバの接続端を接続する一方、該バッファ光ファイバの他端に上記被接続光ファイバの接続端を接続することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの接続方法。

【請求項2】 フォトニッククリスタルファイバを、該フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径よりも大きいモードフィールド径を有する被接続光ファイバに接続する方法であって、

ファイバ中心をなすコアと該コアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備え且つ上記フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径と同一又はそれと上記被接続光ファイバのモードフィールド径との中間のモードフィールド径を有するバッファ光ファイバの一端に上記フォトニッククリスタルファイバの接続端を接続する一方、該バッファ光ファイバの他端に上記被接続光ファイバの接続端を接続することを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの接続方法。

【請求項3】 上記バッファ光ファイバの他端に、上記コアにドープされた屈折率調整成分を上記中実のクラッドに拡散させる加熱処理を施すことを特徴とする請求項2に記載のフォトニッククリスタルファイバの接続方法。

【請求項4】 フォトニッククリスタルファイバと、上記フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径よりも大きいモードフィールド径を有する被接続光ファイバと、

上記フォトニッククリスタルファイバの接続端に一端が接続される一方、上記被接続光ファイバの接続端に他端が接続され、ファイバ中心をなすコアと該コアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備え且つ該フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径と同一又はそれと該被接続光ファイバのモードフィールド径との中間のモードフィールド径を有するバッファ光ファイバと、を備えたことを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの接続構造体。

【請求項5】 上記バッファ光ファイバは、上記コアに屈折率調整成分がドープされており、該バッファ光ファイバの他端において該コアにドープされた屈折率調整成分が上記中実のクラッドに拡散していることを特徴とする請求項4に記載のフォトニッククリスタルファイバの接続構造体。

【請求項6】 フォトニッククリスタルファイバと、

上記フォトニッククリスタルファイバの接続端に一端が接続され、ファイバ中心をなすコアと該コアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備え且つ上記フォトニッククリスタルファイバのモードフィールド径と同一又はそれより大きいモードフィールド径を有するバッファ光ファイバと、からなることを特徴とするフォトニッククリスタルファイバの接続構造体の構成部材。

【請求項7】 上記バッファ光ファイバは、上記コアに屈折率調整成分がドープされており、該バッファ光ファイバの他端において該コアにドープされた屈折率調整成分が上記中実のクラッドに拡散していることを特徴とする請求項6に記載のフォトニッククリスタルファイバの接続構造体の構成部材。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フォトニッククリスタルファイバ（以下「PC (photonic crystal) ファイバ」と称する）の接続方法及びその接続構造体並びにその接続構造体の構成部材に関する。

【0002】

【従来の技術】 モードフィールド径  $d_1$ 、 $d_2$ （以下「MFD」と称する）が大小異なる一対の光ファイバ  $f_1$ 、 $f_2$  を接続する場合、両ファイバ  $f_1$ 、 $f_2$  を単純に融着接続すると、図8に示すように、接続部cで光の放射が起り、それによって多大の接続損失を生じてしまうこととなる。これに対して、融着接続時の加熱時間を長く設定したり、加熱温度を高く設定したり、或いは接続部cを追加加熱したりすることにより、図9(a)に示すように、接続部cにおける両ファイバ  $f_1$ 、 $f_2$  の各コアにドープされたゲルマニウム (Ge) をクラッド側に拡散させてそれぞれのMFDを拡大し、それらの大小差を縮小して接続損失の低減を図るようにした光ファイバの接続方法がある。同様に、MFDが小さい方の光ファイバ  $f_2$  の接続端を予め加熱することにより、図9(b)に示すように、コアにドープされたゲルマニウム (Ge) をクラッド側に拡散させてMFDを拡大し、それをMFDが大きい方の光ファイバ  $f_1$  の接続端に接続するようにした光ファイバの接続方法もある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、近年、大きな波長分散を発現する光ファイバとして、PCファイバが注目を集めつつある。このPCファイバは、ファイバ中心を長手方向に延びる中実又は中空のコアと、そのコアを覆うように設けられそのコアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとを備えており、このクラッドが二次元的に屈折率が周期的に変動したフォトニッククリスタル構造を構成するものである。

【0004】 そして、かかるPCファイバのMFDが3～5  $\mu\text{m}$ 程度のものを、MFDが約10  $\mu\text{m}$ 程度の光ファイバに接続するような場合、上記に示したような接続

方法によっては接続損失を低く抑えることができないという問題がある。すなわち、コアにゲルマニウム (Ge) 等がドーブされていない PC ファイバは、コア及びクラッドが共に石英 ( $\text{SiO}_2$ ) のみで構成されることとなるものの、クラッドが多数の細孔を有するためにコアよりも等価的に屈折率が低くなり、それによって全反射現象によりコアで光を伝搬するものであると共に、クラッドのフォトニッククリスタル構造による効果によってコアで光を伝搬するものであり、従って、基本的にゲルマニウム (Ge) 等を拡散させるということができず、また、MFD を拡大させるべくこの PC ファイバの接続端を長時間加熱したり高温加熱したりすると、クラッドの多数の細孔が封止されて接続端が石英塊となり、そこから光が散逸して却って大きな接続損失を生じてしまうこととなる。そして、コアにゲルマニウム (Ge) 等がドーブされた PC ファイバでは、コアの周囲に多数の細孔を有するため、ゲルマニウム (Ge) 等の拡散が円滑に営まれないこととなる。

【0005】本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、MFD が相対的に小さい PC ファイバを、MFD が相対的に大きい被接続光ファイバに低接続損失で接続する方法及び PC ファイバの接続構造体並びのかかる接続構造体を形成する構成部材を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、PC ファイバの MFD と被接続光ファイバの MFD との中間の又は PC ファイバの MFD に等しい MFD を有するバッファ光ファイバを介して PC ファイバを被接続光ファイバに接続するようにしたものである。

【0007】具体的には、本出願の発明は、PC ファイバと、該 PC ファイバの MFD よりも大きい MFD を有する被接続光ファイバとを接続する方法であって、上記 PC ファイバの MFD と上記被接続光ファイバの MFD との中間の MFD を有するバッファ光ファイバの一端に上記フォトニッククリスタルファイバの接続端を接続する一方、該バッファ光ファイバの他端に上記被接続光ファイバの接続端を接続することを特徴とする。

【0008】MFD が相対的に小さい PC ファイバと MFD が相対的に大きい被接続光ファイバとを直接接続した場合、それらの差が大きいと、その接続部において多大の光が放射により散逸して大きな接続損失を生じることとなるが、上記の接続方法によれば、接続部が 2 カ所設けられることとなるものの、上記のように PC ファイバと被接続光ファイバとを直接接続した場合に比べてトータルの接続損失は低く抑えられることとなる。この理由については明らかではないが、PC ファイバと被接続光ファイバとの間に MFD がそれらのものの中間の寸法であるバッファ光ファイバを介設することにより、各接続部でファイバ間の MFD の差が小さくなり、それによ

って光の放射による散逸が著しく抑制されるためではないかと推測される。

【0009】また、このような接続損失の低減を図るためには、通常大きな接続損失を生じる PC ファイバの接続部における接続損失の低減させることが有効であり、そのためには PC ファイバの MFD とバッファ光ファイバの MFD とを近いものとするのが好ましい。

【0010】そして、このような接続方法によって、PC ファイバと被接続光ファイバとの間に PC ファイバの MFD と被接続光ファイバの MFD との中間の MFD を有するバッファ光ファイバが介設された PC ファイバ接続構造体が構成されることとなる。

【0011】また、かかる PC ファイバ接続構造体を形成するためには、PC ファイバと、その PC ファイバの接続端に一端が接続され、PC ファイバの MFD より大きい MFD を有するバッファ光ファイバと、からなる構成部材を用いればよい。

【0012】ここで、PC ファイバは、ファイバ中心を長手方向に延びる中実又は中空のコアと、そのコアを覆うように設けられコアに沿って延びる多数の細孔を有するクラッドとを備えたものであれば、特に限定されるものではない。

【0013】PC ファイバと接続される被接続光ファイバ及びバッファ光ファイバは、特に限定されるものではなく、1.3  $\mu\text{m}$  零分散波長ファイバ、1.55  $\mu\text{m}$  分散シフトファイバ、ノンゼロ分散シフトファイバ、分散補償ファイバ、希土類元素ドーブファイバ、偏波面保存ファイバ等のコアとそのコアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備えた光ファイバの他、PC ファイバであってもよい。

【0014】PC ファイバとバッファ光ファイバとの接続は、低温度加熱による融着により行ってもよく、また、コネクタを用いた突き合わせにより行ってもよい。同様に、バッファ光ファイバと被接続光ファイバとの接続は、加熱による融着により行ってもよく、また、コネクタを用いた突き合わせにより行ってもよい。

【0015】ところで、バッファ光ファイバが PC ファイバでないクラッドが中実である構成の場合には、バッファ光ファイバの MFD が PC ファイバの MFD と同一であってもよい。

【0016】そこで、本出願の他の発明は、PC ファイバと、該 PC ファイバの MFD よりも大きい MFD を有する被接続光ファイバとを接続する方法であって、ファイバ中心をなすコアと該コアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備え且つ上記 PC ファイバの MFD と同一又はそれと上記被接続光ファイバの MFD との中間の MFD を有するバッファ光ファイバの一端に上記 PC ファイバの接続端を接続する一方、該バッファ光ファイバの他端に上記被接続光ファイバの接続端を接続することを特徴とする。

【0017】上記の接続方法によれば、本出願の発明同様に、接続損失は低く抑えられることとなる。

【0018】また、このような接続損失の低減を図るためには、通常大きな接続損失を生じるPCファイバの接続部における接続損失の低減させることが有効であり、そのためにはPCファイバのMFDとバッファ光ファイバのMFDとを近いものとするのが好ましく、両者を等しくすることが最も好ましい。

【0019】さらに、バッファ光ファイバのコアにゲルマニウム(Ge)等の屈折率調整成分がドーブされている場合には、被接続光ファイバとの接続端となるバッファ光ファイバの他端に、その屈折率調整成分を中実のクラッドに拡散させる加熱処理を施すことが好ましい。このようにすれば、バッファ光ファイバの他端においてコアにドーブされたゲルマニウム(Ge)等の屈折率調整成分が中実のクラッドに拡散することとなるので、バッファ光ファイバの他端のMFDが拡大して被接続光ファイバのMFDとの差が縮小し、それによって光の放射による散逸が少なくなり、それらの接続部における接続損失が低く抑えられることとなる。ここで、かかる加熱処理は、被接続光ファイバとの接続前に施してもよく、また、被接続光ファイバと接続させながら施してもよく、さらに、被接続光ファイバとの接続後に施してもよい。

【0020】そして、以上のような接続方法によって、PCファイバと被接続光ファイバとの間に、ファイバ中心をなすコアとそのコアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備え且つPCファイバのMFDと同一又はそれと被接続光ファイバのMFDとの中間のMFDを有するバッファ光ファイバが介設されたPCファイバ接続構造体が構成されることとなる。

【0021】また、かかるPCファイバ接続構造体を形成するためには、PCファイバと、そのPCファイバの接続端に一端が接続され、ファイバ中心をなすコアと該コアを覆うように設けられた中実のクラッドとを備え且つPCファイバのMFDと同一又はそれより大きいMFDを有するバッファ光ファイバと、からなる構成部材を用いればよい。

【0022】さらに、この構成部材においても、バッファ光ファイバのコアにゲルマニウム(Ge)等の屈折率調整成分がドーブされている場合には、バッファ光ファイバの他端でその屈折率調整成分がクラッドに拡散している構成であることが好ましい。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本出願の発明又は本出願の他の発明によれば、MFDが相対的に小さいPCファイバとMFDが相対的に大きい被接続光ファイバとの間にMFDがそれらのものの中間の寸法であるバッファ光ファイバを介設することにより、接続部が2カ所設けられることとなるものの、PCファイバと被接続光ファイバとを直接接続した場合に比べてトータルの接続

損失を低く抑えることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態に係るPCファイバの接続方法を図面に基づいて詳細に説明する。

【0025】(各ファイバの構成)図1は、PCファイバ10を示す。このPCファイバ10は、石英( $\text{SiO}_2$ )製であり、ファイバ中心を長手方向に延びる中実のコア11と、そのコア11を覆うように設けられコア11に沿って延びる多数の細孔を有するクラッド12と、そのクラッド12を覆うように設けられた被覆部13とを備えている。そして、このクラッド12が二次元的に屈折率が周期的に変動したフォトニッククリスタル構造を構成し、信号光は、そのフォトニッククリスタル構造で囲われたコア11に閉じこめられて伝搬されることとなる。このPCファイバ10のファイバ径は $125\mu\text{m}$ で、MFD( $d_1$ )はコア径よりやや大きく約 $3\mu\text{m}$ である。

【0026】図2は、被接続光ファイバ20を示す。この被接続光ファイバ20は、ファイバ中心を長手方向に延びるゲルマニウム(Ge)がドーブされた石英( $\text{SiO}_2$ )製のコア21と、そのコア21を覆うように設けられた石英( $\text{SiO}_2$ )製のクラッド22とを備えている。そして、信号光は、屈折率の高いコア21に閉じこめられて伝搬されることとなる。この被接続光ファイバ20のファイバ径は $125\mu\text{m}$ で、MFD( $d_1$ )はコア径よりやや大きく約 $10\mu\text{m}$ である。

【0027】図3は、バッファ光ファイバ30を示す。このバッファ光ファイバ30は、MFD( $d_1$ )が約 $3\mu\text{m}$ である点を除いては被接続光ファイバ20と同一構成であり、また、機能も同一である。

【0028】(ファイバの接続方法)まず、図4に示すように、PCファイバ10の接続端14にバッファ光ファイバ30の一端33を接続する。このとき、両ファイバ10、30のコア11、31が一致して重なるようにする。また、この接続は、PCファイバ10の多孔部12が熱によって潰れない程度の温度でPCファイバ10の接続端14及びバッファ光ファイバ30の一端33を加熱溶融させて行うようにする。このPCファイバ10とバッファ光ファイバ30との接続体は、後述のPCファイバ10の接続構造体を形成するための構成部材となるものである。

【0029】次に、図5に示すように、バッファ光ファイバ30の他端34に被接続光ファイバ20の接続端23を接続する。このとき、両ファイバ20、30の中心軸が一致するようにする。また、この接続は、バッファ光ファイバ30の他端34及び被接続光ファイバ20の接続端23を加熱溶融させて行うようにする。さらに、これらのファイバ20、30の接続部を追加加熱することにより、両ファイバ20、30のコア21、31にド

ープされたゲルマニウム(Ge)をクラッド22, 32に拡散させ、それによって両ファイバ20, 30のMFDをそれらがほぼ同一となるように拡大させる。

【0030】以上のようにして、PCファイバ10と被接続光ファイバ20との間にPCファイバ10のMFD( $d_1$ )と同一の寸法のMFD( $d_2$ )を有するバッファ光ファイバ30が介設されたPCファイバ10の接続構造体が構成されることとなる。

【0031】なお、バッファ光ファイバ30は伝送損失を生じることとなるため、その長さが制限されることとなる。すなわち、バッファ光ファイバ30を用いずにPCファイバ10と被接続光ファイバ20とを直接接続した場合の接続損失をA(dB)、バッファ光ファイバ30を用いた場合の接続損失をB(dB)とすると、(A-B)(dB)がバッファ光ファイバ30を用いることにより低減できた接続損失となり、そして、バッファ光ファイバ30の伝送損失をC(dB/km)としたとき、バッファ光ファイバ30の長さが(A-B)/C(km)よりも長くなると、低減した接続損失がバッファ光ファイバ30の伝送損失によって相殺されてしまうこととなる。しかしながら、実際には、PCファイバ10及び被接続光ファイバ20のそれぞれとの接続の作業性等を考慮してもバッファ光ファイバ30の長さは1m程度あれば十分であり、バッファ光ファイバ30の伝送損失を概ね0.001dB以下であると考えることができることから、バッファ光ファイバ30の伝送損失は事実上無視できるものである。

【0032】(作用・効果)上記のPCファイバ10の接続方法によれば、MFD( $d_1$ )が相対的に小さいPCファイバ10とMFD( $d_2$ )が相対的に大きい被接続光ファイバ20との間にMFD( $d_2$ )がそれらのものの中間の寸法であるバッファ光ファイバ30を介設することにより、接続部が2カ所設けられることとなるものの、PCファイバ10と被接続光ファイバ20とを直接接続した場合に比べてトータルの接続損失は低く抑えられることとなる。

【0033】また、PCファイバ10のMFD( $d_1$ )とバッファ光ファイバ30のMFD( $d_3$ )とが同一となるようにしているため、大きな接続損失を生じるPCファイバ10の接続部における接続損失の低減されることとなり、上記の接続損失低減の効果は著しく高いものとなる。

【0034】さらに、バッファ光ファイバ30と被接続光ファイバ20との接続後に、その接続部を追加加熱する処理が施されているため、両ファイバ20, 30のコア21, 31にドーブされたゲルマニウム(Ge)がクラッド22, 32に拡散され、バッファ光ファイバ30の他端34及び被接続光ファイバ20の接続端23のそれぞれのMFDがそれらがほぼ同一となるように拡大し、それによって光の放射による散逸が少なくなり、そ

れらの接続部における接続損失が低く抑えられることとなる。

【0035】(その他の実施形態)上記実施形態では、中実コアのPCファイバ10としたが、特にこれに限定されるものではなく、中空コアのものであってもよい。

【0036】また、上記実施形態では、PCファイバ10のコア11を石英( $SiO_2$ )製としたが、特にこれに限定されるものではなく、ゲルマニウム(Ge)等がドーブされた石英( $SiO_2$ )製としてもよい。

【0037】また、上記実施形態では、被接続光ファイバ20及びバッファ光ファイバ30を、コア21, 31とそのコア21, 31を覆うように設けられたクラッド22, 32とを備えたものとしたが、特にこれに限定されるものではなく、少なくともいずれか一方をPCファイバとしてもよい。

【0038】また、上記実施形態では、PCファイバ10とバッファ光ファイバ30とを低温度加熱による融着により接続したが、特にこれに限定されるものではなく、コネクタを用いた突き合わせにより接続してもよい。

【0039】また、上記実施形態では、バッファ光ファイバ30と被接続光ファイバ20とを加熱による融着により接続したが、特にこれに限定されるものではなく、コネクタを用いた突き合わせにより接続してもよい。

【0040】また、上記実施形態では、バッファ光ファイバ30及び被接続光ファイバ20のコア21, 31にドーブされたゲルマニウム(Ge)をクラッド22, 32に拡散させるために、両ファイバ20, 30の接続後にその接続部を追加加熱する処理を行ったが、特にこれに限定されるものではなく、融着による接続時に加熱温度を高く設定したり、加熱時間を長く設定するようにしてもよい。

【0041】また、上記実施形態では、バッファ光ファイバ30及び被接続光ファイバ20双方のコア21, 31にドーブされたゲルマニウム(Ge)をクラッド22, 32に拡散させたが、特にこれに限定されるものではなく、接続前のバッファ光ファイバ30の他端34のみを加熱してコア31にドーブされたゲルマニウム(Ge)をクラッド32に拡散させ、図6に示すように、それを融着やコネクタによる突き合わせにより被接続光ファイバ20の接続端23に接続するようにしてもよい。

【0042】

【実施例】ファイバ外径100 $\mu$ m、クラッドの細孔の直径1.28 $\mu$ m、細孔が形成する三角格子のピッチ2.16 $\mu$ m、MFD( $d_1$ )約3 $\mu$ mであるPCファイバ10と、MFD( $d_2$ )10.8 $\mu$ mであるシングルモードの被接続光ファイバ20(1.3 $\mu$ m零分散波長シングルモードファイバ)と、を以下に示す3つの接続例の方法で接続し、被接続光ファイバ20側から波長1.55 $\mu$ mの光を入射して各接続例の接続損失を計測

した。なお、接続部が2カ所生じるもの（接続例2及び3）については、それぞれの接続部での接続損失を計測し、それらの和を総接続損失とした。

#### 【0043】（接続例）－接続例1－

PCファイバ10の接続端14及び被接続光ファイバ20の接続端23を加熱溶解させ、図7（a）に示すように、それらを中心軸が一致するように突き合わせて接続したものを接続例1とした。このとき、PCファイバ10の接続端14が溶解して細孔が潰れることがないように加熱温度を低く設定した。

#### 【0044】－接続例2－

MFD ( $d_1$ ) 4.9  $\mu\text{m}$ である長さ1mの分散補償ファイバをバッファ光ファイバ30として準備した。そして、図7（b）に示すように、PCファイバ10の接続端14及びバッファ光ファイバ30の一端33を加熱溶解させ、それらを中心軸が一致するように突き合わせて

接続すると共に、そのバッファ光ファイバ30の他端34及び被接続光ファイバ20の接続端23を加熱溶解させ、それらを中心軸が一致するように突き合わせて接続したものを接続例2とした。このとき、PCファイバ10のバッファ光ファイバ30への接続条件は接続例1と同一とした。

#### 【0045】－接続例3－

接続例2の接続損失を計測した後、バッファ光ファイバ30と被接続光ファイバ20との接続部を追加加熱し、それぞれのコア21、31にドープされたゲルマニウム(Ge)をクラッド22、32に拡散させて、図7（c）に示すように、両者のMFD径がほぼ同一となるようにしたものを接続例3とした。

#### 【0046】（計測結果）

#### 【0047】

#### 【表1】

	接続例1	接続例2	接続例3
PCファイバ－バッファファイバ間の接続損失 (dB)	—	2.01	2.01
バッファファイバ－光ファイバ間の接続損失 (dB)	—	1.22	0.30
総接続損失 (dB)	5.47	3.23	2.31

【0048】計測結果を表1に示す。

【0049】同表によれば、接続例2及び3は、接続例1よりも接続損失が非常に低いことが分かる。また、PCファイバ10と被接続光ファイバ20との接続部の接続損失が5.47 dB（接続例1）であるのに対し、PCファイバ10のMFD ( $d_1$ ) に近い寸法のMFD

( $d_2$ ) を有するバッファ光ファイバ30と被接続光ファイバ20との接続部における接続損失が1.22 dB（接続例2）であることから、接続損失はPCファイバ10の接続部において大きくなることが分かる。さらに、接続例1の接続損失が5.47 dBであるのに対し、PCファイバ10とバッファ光ファイバ30との接続部の接続損失が2.01 dB（接続例2及び3）であることから、特にこのPCファイバ10とバッファ光ファイバ30との接続部において接続損失の低減が図られていることが分かる。接続例1では、PCファイバ10のMFD ( $d_1$ ) と被接続光ファイバ20のMFD

( $d_2$ ) との差が非常に大きいために、接続部において多大の光が放射により散逸して大きな接続損失を生じたものと考えられる。これに対し、接続例2及び3では、接続部が2カ所設けられることとなるものの、PCファイバ10と被接続光ファイバ20との間にMFD ( $d_3$ ) がそれらのものの中間の寸法であるバッファ光ファイバ30が介設されていることにより、各接続部でファイバ間のMFDの差が小さくなり、それによって光の放射による散逸が著しく抑制され（特にPCファイバ10とバッファ光ファイバ30との接続部において）、接続例1に比べてトータルの接続損失は低く抑えられたものであると考えられる。

【0050】また、接続例3は、接続例2よりも接続損

失が低いことが分かる。接続例2では、バッファ光ファイバ30と被接続光ファイバ20との接続部でMFDの差が大きいために、光が放射により散逸して相対的に大きな接続損失を生じたものであると考えられる。これに対し、接続例3では、接続部におけるバッファ光ファイバ30のMFDと被接続光ファイバ20のMFDとの差が小さくなっているために、光の放射による散逸が抑止されて接続損失が低くなったものであると考えられる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態におけるフォトニッククリスタルファイバの斜視図である。

【図2】本発明の実施形態における光ファイバの斜視図である。

【図3】本発明の実施形態におけるバッファ光ファイバの斜視図である。

【図4】本発明の実施形態におけるフォトニッククリスタルファイバの接続構造体を形成するための構成部材の側面図である。

【図5】本発明の実施形態におけるフォトニッククリスタルファイバの接続構造体の側面図である。

【図6】本発明の他の実施形態におけるフォトニッククリスタルファイバの接続構造体の側面図である。

【図7】実施例におけるフォトニッククリスタルファイバの接続構造体の側面図である。

【図8】従来例におけるフォトニッククリスタルファイバの接続構造体の側面図である。

【図9】光ファイバの接続構造体の側面図である。

#### 【符号の説明】

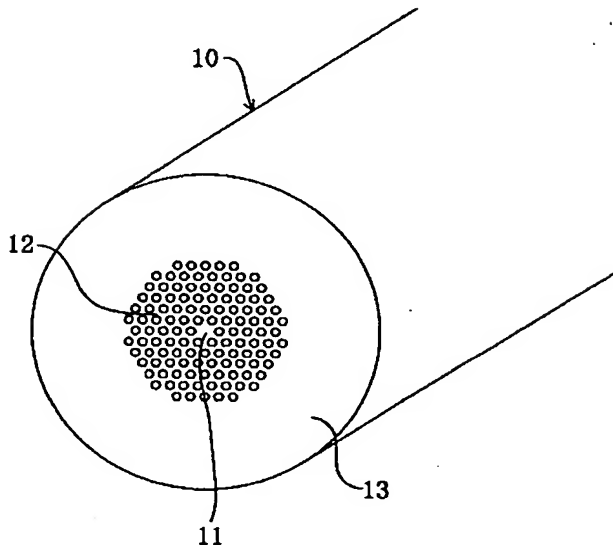
10 フォトニッククリスタルファイバ

11, 21, 31 コア

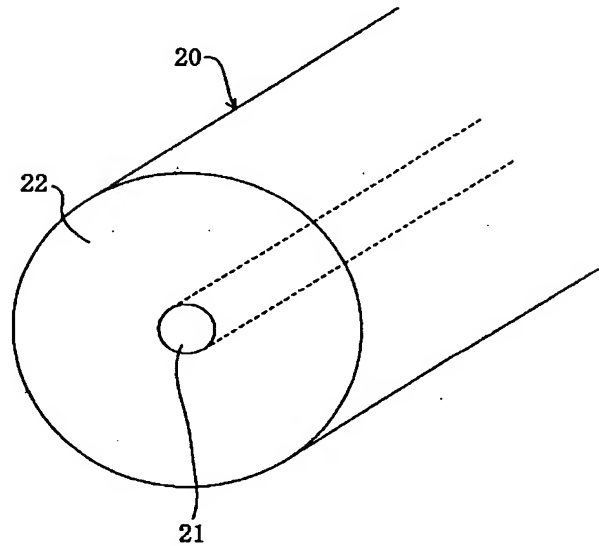
- 11  
 12, 22, 32 クラッド  
 13 被覆部  
 14 フォトニッククリスタルファイバ接続端  
 20 被接続光ファイバ  
 23 被接続光ファイバ接続端  
 30 バッファ光ファイバ

- 12  
 33 バッファ光ファイバ端  
 34 バッファ光ファイバ他端  
 c 接続部  
 $d_1, d_2, d_3 \sim d_n$  モードフィールド径  
 $f_1, f_2$  光ファイバ

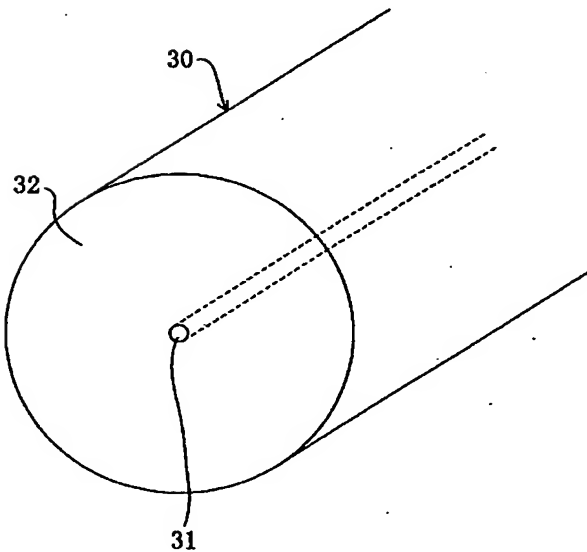
【図1】



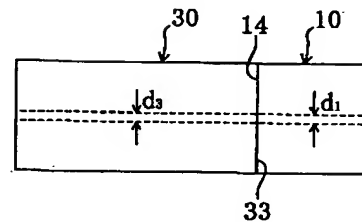
【図2】



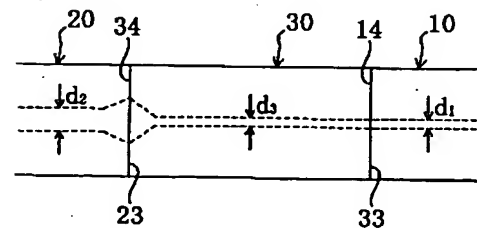
【図3】



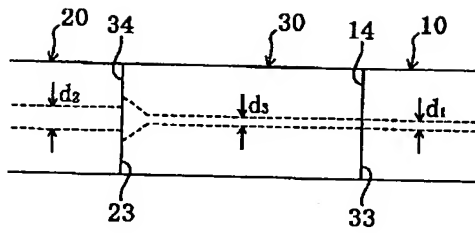
【図4】



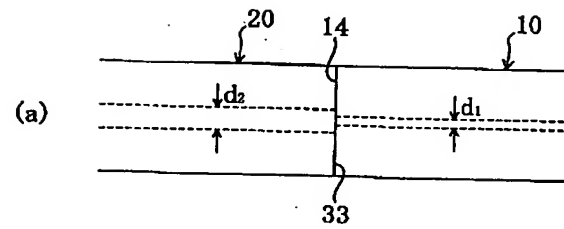
【図5】



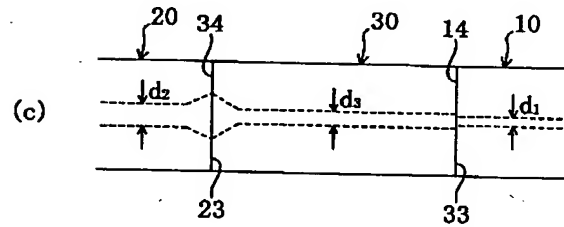
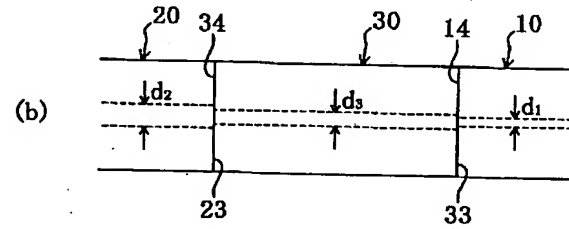
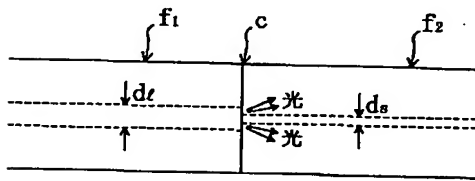
【図 6】



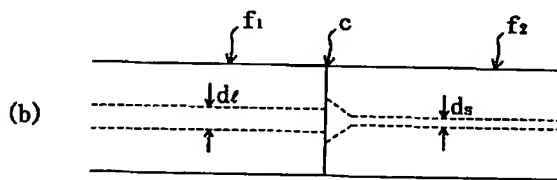
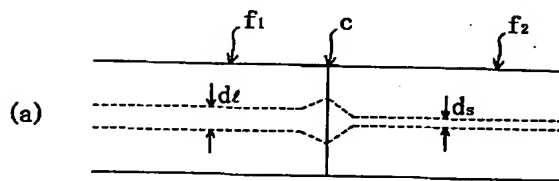
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 山取 真也  
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 中沢 正隆  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 久保田 寛和  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 川西 悟基  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内



Fターム(参考) 2H036 JA00 MA12 MA14 MA17  
2H050 AB05Z AB52Z AC34 AC64  
AC82 AC83

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-243971

(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/255

G02B 6/20

(21)Application number : 2001-041749

(71)Applicant : MITSUBISHI CABLE IND LTD  
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

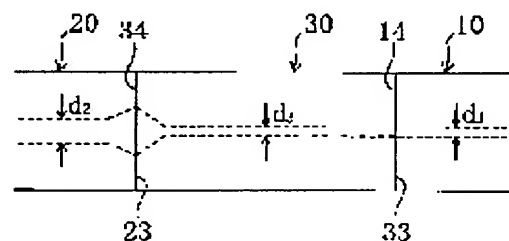
(22)Date of filing : 19.02.2001

(72)Inventor : TANAKA MASATOSHI  
YAMATORI SHINYA  
NAKAZAWA MASATAKA  
KUBOTA HIROKAZU  
KAWANISHI SATOKI(54) METHOD FOR SPLICING PHOTONIC CRYSTAL FIBER, ITS SPLICING STRUCTURE,  
AND STRUCTURAL MEMBER OF THE SPLICING STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for splicing a photonic crystal fiber with a relatively small mode field diameter to an optical fiber to be spliced with a relatively large mode field diameter at a low splice loss.

SOLUTION: In a method for splicing a photonic crystal fiber 10 to an optical fiber to be spliced 20 which has a mode field diameter  $d_2$  larger than the mode field diameter  $d_1$  of the photonic crystal fiber 10, while the splice end 14 of the photonic crystal fiber 10 is spliced to one end 33 of a buffer optical fiber 30 which has an intermediate mode field diameter  $d_3$  between the mode field diameter  $d_1$  of the photonic crystal fiber 10 and the mode field diameter  $d_2$  of the optical fiber to be spliced 20, the splice end 23 of the optical fiber to be spliced 20 is spliced to the other end 34 of the buffer optical fiber 30.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the approach of connecting a photograph nick crystal fiber to the connected optical fiber which has a larger diameter of the mode field than the diameter of the mode field of this photograph nick crystal fiber. While connecting the end connection of the above-mentioned photograph nick crystal fiber to the end of the buffer optical fiber which has the middle diameter of the mode field of the diameter of the mode field of the above-mentioned photograph nick crystal fiber, and the diameter of the mode field of the above-mentioned connected optical fiber The connection method of the photograph nick crystal fiber characterized by connecting the end connection of the above-mentioned connected optical fiber to the other end of this buffer optical fiber.

[Claim 2] It is the approach of connecting a photograph nick crystal fiber to the connected optical fiber which has a larger diameter of the mode field than the diameter of the mode field of this photograph nick crystal fiber. A fiber core The core and this core to make The clad of the solid prepared so that it might cover While connecting the end connection of the above-mentioned photograph nick crystal fiber to the end of the same as that of the diameter of the mode field of a preparation and the above-mentioned photograph nick crystal fiber, or the buffer optical fiber which has the middle diameter of the mode field of it and the diameter of the mode field of the above-mentioned connected optical fiber The connection method of the photograph nick crystal fiber characterized by connecting the end connection of the above-mentioned connected optical fiber to the other end of this buffer optical fiber.

[Claim 3] The connection method of the photograph nick crystal fiber according to claim 2 characterized by performing heat-treatment which makes the clad of the above-mentioned solid diffuse the refractive-index adjustment component doped by the above-mentioned core in the other end of the above-mentioned buffer optical fiber.

[Claim 4] A photograph nick crystal fiber and the connected optical fiber which has a larger diameter of the mode field than the diameter of the mode field of the above-mentioned photograph nick crystal fiber, While an end is connected to the end connection of the above-mentioned photograph nick crystal fiber The other end is connected to the end connection of the above-mentioned connected optical fiber. The same [ having the clad of the solid prepared so that the core and this core which make a fiber core might be covered ] as that of the diameter of the mode field of this photograph nick crystal fiber, or the buffer optical fiber which has the middle diameter of the mode field of it and the diameter of the mode field of this connected optical fiber, The connection structure of the photograph nick crystal fiber characterized by preparation \*\*\*\*\*.

[Claim 5] The above-mentioned buffer optical fiber is the connection structure of the photograph nick crystal fiber according to claim 4 characterized by having spread the refractive-index adjustment component which the refractive-index adjustment component is doped by the above-mentioned core, and was doped by this core in the other end of this buffer optical fiber in the clad of the above-mentioned solid.

[Claim 6] the core and this core which an end is connected to the end connection of a photograph nick crystal fiber and the above-mentioned photograph nick crystal fiber, and make a fiber core -- a wrap -- the buffer optical fiber which is equipped with the clad of the solid prepared like, and has the same or larger diameter of the mode field as the diameter of the mode field of the above-mentioned photograph nick crystal fiber than it -- since -- the

configuration member of the connection structure of the photograph nick crystal fiber characterized by to become.

[Claim 7] The above-mentioned buffer optical fiber is the configuration member of the connection structure of the photograph nick crystal fiber according to claim 6 characterized by having spread the refractive-index adjustment component which the refractive-index adjustment component is doped by the above-mentioned core, and was doped by this core in the other end of this buffer optical fiber in the clad of the above-mentioned solid.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the configuration member of the connection structure at the connection method and its connection structure list of a photograph nick crystal fiber ("PC (photonic crystal) fiber" is called below).

[0002]

[Description of the Prior Art] the diameters  $d_1$  and  $d_s$  ("MFD" is called below) of the mode field -- \*\*\*\*\* -- when connecting the optical fibers  $f_1$  and  $f_2$  of a pair and fusion splicing of both the fibers  $f_1$  and  $f_2$  is carried out simply, as shown in drawing 8, a light emission will happen by Connection c and great connection loss will be produced by it. On the other hand, by setting up the heating time at the time of fusion splicing for a long time, setting up heating temperature highly, or carrying out additional heating of the connection c As shown in drawing 9 (a), the germanium (germanium) doped by each core of both the fibers  $f_1$  and  $f_2$  in Connection c is diffused in a clad side, each MFD is expanded, and there is a connection method of the optical fiber which reduces those size differences and aimed at reduction of connection loss. Similarly, when MFD heats beforehand the end connection of the optical fiber  $f_2$  of the smaller one, as shown in drawing 9 (b), the germanium (germanium) doped by the core is diffused in a clad side, MFD is expanded, and there is also a connection method of the optical fiber with which MFD connected it to the end connection of the optical fiber  $f_1$  of the larger one.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, PC fiber is attracting attention as an optical fiber which discovers big wavelength dispersion in recent years. This PC fiber is equipped with the core of the solid prolonged in a longitudinal direction in a fiber core, or hollow, and the clad which has the pore of a large number which are prepared so that that core may be covered, and are prolonged along with that core, and this clad constitutes the photograph nick crystal structure where the refractive index was changed periodically, two-dimensional.

[0004] And when MFD connects that whose MFD of this PC fiber is about 3-5 micrometers to the optical fiber which is about 10 micrometers, there is a problem that connection loss cannot be low suppressed depending on a connection method as shown above. Namely, PC fiber with which germanium (germanium) etc. is not doped by the core That by which both a core and a clad will be constituted only from a quartz ( $\text{SiO}_2$ ), Since a clad has much pores, a refractive index becomes low more equivalent than a core, and by it, while spreading light with a core according to a total reflection phenomenon It is what spreads light with a core according to the effectiveness by the photograph nick crystal structure of a clad. Therefore, if the end connection of this PC fiber is heated for a long time or high temperature heating is carried out in order to be unable to say that germanium (germanium) etc. is diffused fundamentally and to make MFD expand The closure of much pores of a clad will be carried out, an end connection will serve as a quartz lump, light will dissipate from there, and rather big connection loss will be produced. And with PC fiber with which germanium (germanium) etc. was doped by the core, since it has much pores around a core, diffusion of germanium (germanium) etc. will be performed smoothly.

[0005] This invention is made in view of this point, and the place made into the purpose is to offer the configuration member which forms the connection structure which MFD starts relatively as for the connection structure list of the approach MFD connects small PC fiber to a

large connected optical fiber by low connection loss relatively, and PC fiber.

[0006]

[Means for Solving the Problem] This invention interposes the buffer optical fiber which has MFD equal to MFD of the middle or PC fiber of MFD of PC fiber, and MFD of a connected optical fiber, and connects PC fiber to a connected optical fiber.

[0007] Invention of this application is the approach of connecting PC fiber and the connected optical fiber which has larger MFD than MFD of this PC fiber, and while it connects the end connection of the above-mentioned photograph nick crystal fiber to the end of the buffer optical fiber which has middle MFD of MFD of the above-mentioned PC fiber, and MFD of the above-mentioned connected optical fiber, it is specifically characterized by to connect the end connection of the above-mentioned connected optical fiber to the other end of this buffer optical fiber.

[0008] Although a great light will dissipate by radiation and will produce big connection loss in the connection when small PC fiber and small MFD carry out [ MFD ] direct continuation of the large connected optical fiber relatively, and those differences are large According to the above-mentioned connection method, compared with the case of that in which two connections will be prepared where direct continuation of PC fiber and the connected optical fiber is carried out as mentioned above, total connection loss will be suppressed low. Although it is not clear about this reason, by interposing the buffer optical fiber whose MFD is the middle dimension of those things between PC fiber and a connected optical fiber, the difference of MFD between fibers becomes small by each connection, and it is surmised that it is because dissipation by the light emission is remarkably controlled by it.

[0009] Moreover, in order to aim at reduction of such connection loss, it is effective that the connection loss in the connection of PC fiber which produces usually big connection loss makes it decrease, and it is desirable to make near MFD of PC fiber and MFD of a buffer optical fiber for that purpose.

[0010] And PC fiber connection structure by which the buffer optical fiber which has middle MFD of MFD of PC fiber and MFD of a connected optical fiber was interposed between PC fiber and the connected optical fiber with such a connection method will be constituted.

[0011] moreover, the buffer optical fiber which an end is connected to the end connection of PC fiber and its PC fiber in order to form this PC fiber connection structure, and has larger MFD than MFD of PC fiber -- since -- what is necessary is just to use the becoming configuration member

[0012] Here, PC fiber will not be especially limited, if it has the core of the solid prolonged in a longitudinal direction in a fiber core, or hollow, and the clad which has the pore of a large number which are prepared so that the core may be covered, and are prolonged along with a core.

[0013] Especially the connected optical fiber and buffer optical fiber that are connected with PC fiber may be a PC fiber besides the optical fiber equipped with the clad of the solid prepared so that it may not be limited and cores, such as 1.3-micrometer zero distribution wavelength fiber, 1.55-micrometer distribution shift fiber, a non zero distribution shift fiber, a distributed compensation fiber, a rare-earth-elements dope fiber, and a plane-of-polarization preservation fiber, and the core of those might be covered.

[0014] Connection between PC fiber and a buffer optical fiber may be made by the welding by heating whenever [ low-temperature ], and the comparison using a connector may perform. Similarly, connection between a buffer optical fiber and a connected optical fiber may be made by the welding by heating, and the comparison using a connector may perform.

[0015] By the way, when it is the configuration that the clad whose buffer optical fiber is not a PC fiber is a solid, MFD of a buffer optical fiber may be the same as that of MFD of PC fiber.

[0016] Then, other invention of this application is the approaches of connecting PC fiber and the connected optical fiber which has larger MFD than MFD of this PC fiber. While it has the clad of the solid prepared so that the core and this core which make a fiber core might be covered and the end connection of the above-mentioned PC fiber is connected to the end of the same as that of MFD of the above-mentioned PC fiber, or the buffer optical fiber which has middle MFD of it and MFD of the above-mentioned connected optical fiber It is characterized by connecting the end connection of the above-mentioned connected optical fiber to the other end of this buffer optical fiber.

[0017] According to the above-mentioned connection method, connection loss will be low suppressed like invention of this application.

[0018] Moreover, in order to aim at reduction of such connection loss, it is effective that the connection loss in the connection of PC fiber which produces usually big connection loss makes it decrease, it is desirable to make near MFD of PC fiber and MFD of a buffer optical fiber for that purpose, and it is most desirable to make both equal.

[0019] Furthermore, when refractive-index adjustment components, such as germanium (germanium), are doped by the core of a buffer optical fiber, it is desirable to perform heat-treatment which makes the other end of the buffer optical fiber used as an end connection with a connected optical fiber diffuse the refractive-index adjustment component in the clad of a solid. If it does in this way, since refractive-index adjustment components, such as germanium (germanium) doped by the core in the other end of a buffer optical fiber, will be spread in the clad of a solid, MFD of the other end of a buffer optical fiber will be expanded, a difference with MFD of a connected optical fiber will contract, dissipation by the light emission will decrease by it, and the connection loss in those connections will be suppressed low. Here, this heat-treatment may be performed before connection with a connected optical fiber, and it may be performed, making it connect with a connected optical fiber, and may be further performed after connection with a connected optical fiber.

[0020] And it will have the clad of the solid prepared between PC fiber and the connected optical fiber by the above connection methods so that the core which makes a fiber core, and its core might be covered, and the same as that of MFD of PC fiber or PC fiber connection structure in which the buffer optical fiber which has middle MFD of it and MFD of a connected optical fiber was interposed will be constituted.

[0021] moreover, the core and this core which an end is connected to the end connection of PC fiber and its PC fiber, and make a fiber core in order to form this PC fiber connection structure -- a wrap -- the buffer optical fiber which is equipped with the clad of the solid prepared like, and has the same or larger MFD as MFD of PC fiber than it -- since -- what is necessary is just to use the becoming configuration member

[0022] Furthermore, also in this configuration member, when refractive-index adjustment components, such as germanium (germanium), are doped by the core of a buffer optical fiber, it is desirable that it is the configuration which that refractive-index adjustment component has diffused in the clad in the other end of a buffer optical fiber.

[0023]

[Effect of the Invention] As explained above, according to invention of this application, or other invention of this application, MFD can suppress [ small PC fiber and small MFD / MFD ] total connection loss low compared with the case where direct continuation of PC fiber and the connected optical fiber of a thing with which two connections will be prepared by interposing the buffer optical fiber which is the middle dimension of those things is carried out, between large connected optical fibers relatively.

[0024]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the connection method of PC fiber concerning the operation gestalt of this invention is explained to a detail based on a drawing.

[0025] (Configuration of each fiber) Drawing 1 shows the PC fiber 10. This PC fiber 10 is a product made from a quartz ( $\text{SiO}_2$ ), and is equipped with the core 11 of the solid prolonged in a longitudinal direction in a fiber core, the clad 12 which has the pore of a large number which are prepared so that that core 11 may be covered, and are prolonged along with a core 11, and the covering section 13 prepared so that that clad 12 might be covered. And this clad 12 will be shut up by the core 11 by which the refractive index constituted the photograph nick crystal structure changed periodically two-dimensional, and signal light was enclosed with that photograph nick crystal structure, and it will be spread. The diameter of a fiber of this PC fiber 10 is 125 micrometers, and MFD ( $d_1$ ) is about 3 micrometers a little more greatly than a core diameter.

[0026] Drawing 2 shows the connected optical fiber 20. This connected optical fiber 20 is equipped with the core 21 made from the quartz ( $\text{SiO}_2$ ) with which the germanium (germanium) prolonged in a longitudinal direction in a fiber core was doped, and the clad 22 made from a quartz ( $\text{SiO}_2$ ) prepared so that that core 21 might be covered. And signal light will be shut up by the core 21 with a high refractive index, and will spread to it. The diameter of a fiber of this



connected optical fiber 20 is 125 micrometers, and MFD (d2) is about 10 micrometers a little more greatly than a core diameter.

[0027] Drawing 3 shows the buffer optical fiber 30. If this buffer optical fiber 30 removes the point that MFD (d3) is about 3 micrometers, it is the same configuration as the connected optical fiber 20, and its function is also the same.

[0028] (Connection method of a fiber) First, as shown in drawing 4, the end 33 of the buffer optical fiber 30 is connected to the end connection 14 of the PC fiber 10. The cores 11 and 31 of both the fibers 10 and 30 are in agreement, and it is made to lap at this time. Moreover, the porous section 12 of the PC fiber 10 is made to make this connection at the temperature of extent which is not crushed with heat by carrying out heating melting of the end connection 14 of the PC fiber 10, and the end 33 of the buffer optical fiber 30. The connection object of this PC fiber 10 and the buffer optical fiber 30 serves as a configuration member for forming the connection structure of the below-mentioned PC fiber 10.

[0029] Next, as shown in drawing 5, the end connection 23 of the connected optical fiber 20 is connected to the other end 34 of the buffer optical fiber 30. At this time, it is made in agreement [ the medial axis of both the fibers 20 and 30 ]. Moreover, it is made to make this connection by carrying out heating melting of the other end 34 of the buffer optical fiber 30, and the end connection 23 of the connected optical fiber 20. Furthermore, clads 22 and 32 are made to diffuse the germanium (germanium) doped by the cores 21 and 31 of both the fibers 20 and 30, and it is made to expand by carrying out additional heating of the connection of these fibers 20 and 30, so that they may become almost the same about MFD of both the fibers 20 and 30 by it.

[0030] The connection structure of the PC fiber 10 with which the buffer optical fiber 30 which has MFD (d1) of the PC fiber 10 and MFD (d3) of the same dimension between the PC fiber 10 and the connected optical fiber 20 as mentioned above was interposed will be constituted.

[0031] In addition, since the buffer optical fiber 30 will produce transmission loss, the die length will be restricted. Namely, if connection loss at the time of using A (dB) and the buffer optical fiber 30 for the connection loss at the time of carrying out direct continuation of the PC fiber 10 and the connected optical fiber 20, without using the buffer optical fiber 30 is set to B (dB) When it becomes the connection loss reduced when (dB) used the buffer optical fiber 30 and transmission loss of the buffer optical fiber 30 is set to C (dB/km),  $(A-B)/C$  When the die length of the buffer optical fiber 30 becomes longer than  $(A-B)/C$  (km), the reduced connection loss will be offset by the transmission loss of the buffer optical fiber 30. however -- actual -- the PC fiber 10 and the connected optical fiber 20 -- respectively -- \*\* -- even if it takes the workability of connection etc. into consideration -- the die length of the buffer optical fiber 30 -- 1 -- if there are about m, it comes out enough, it is, and since it can consider that the transmission loss of the buffer optical fiber 30 is 0.001dB or less in general, the transmission loss of the buffer optical fiber 30 can be disregarded as a matter of fact.

[0032] (An operation and effectiveness) According to the connection method of the above-mentioned PC fiber 10 By interposing the buffer optical fiber 30 which is the middle dimension of those things, MFD (d1) between the large connected optical fibers 20 relatively [ the small PC fiber 10 and small MFD (d2) ] [ MFD (d2) ] Compared with the case where a connection carries out direct continuation of the PC fiber 10 and the connected optical fiber 20 of a thing which will be prepared two places, total connection loss will be suppressed low.

[0033] Moreover, since it is made the same [ MFD (d1) of the PC fiber 10 and MFD (d3) of the buffer optical fiber 30 ], the connection loss in the connection of the PC fiber 10 which produces big connection loss will be reduced, and the effectiveness of the above-mentioned connection loss reduction becomes a remarkable high thing.

[0034] Furthermore, since processing which carries out additional heating of the connection after connection between the buffer optical fiber 30 and the connected optical fiber 20 is performed The germanium (germanium) doped by the cores 21 and 31 of both the fibers 20 and 30 is spread in clads 22 and 32. It will expand so that each MFD of the other end 34 of the buffer optical fiber 30 and the end connection 23 of the connected optical fiber 20 may become almost the same [ them ], and dissipation by the light emission will decrease by it, and the connection loss in those connections will be suppressed low.

[0035] (Other operation gestalten) Although considered as the PC fiber 10 of a solid core with the above-mentioned operation gestalt, it may not be limited to especially this and you may be

the thing of a hollow core.

[0036] Moreover, although the core 11 of the PC fiber 10 was made into the product made from a quartz (SiO<sub>2</sub>) with the above-mentioned operation gestalt, it is good also as a product made from a quartz (SiO<sub>2</sub>) by which it is not limited to especially this and germanium (germanium) etc. was doped.

[0037] Moreover, although it should have the clads 22 and 32 prepared in the connected optical fiber 20 and the buffer optical fiber 30 so that cores 21 and 31 and the cores 21 and 31 of those might be covered with the above-mentioned operation gestalt, it is not limited to especially this and is good also considering either as a PC fiber at least.

[0038] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although the PC fiber 10 and the buffer optical fiber 30 were connected by the welding by heating whenever [ low-temperature ], it is not limited to especially this and you may connect by the comparison using a connector.

[0039] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although the buffer optical fiber 30 and the connected optical fiber 20 were connected by the welding by heating, it is not limited to especially this and you may connect by the comparison using a connector.

[0040] Moreover, although processing which carries out additional heating of the connection after connection of both the fibers 20 and 30 was performed with the above-mentioned operation gestalt in order to make clads 22 and 32 diffuse the germanium (germanium) doped by the cores 21 and 31 of the buffer optical fiber 30 and the connected optical fiber 20, it is not limited to especially this, and heating temperature may be highly set up at the time of connection by welding, or you may make it set up heating time for a long time.

[0041] Moreover, although clads 22 and 32 were made to diffuse the germanium (germanium) doped by the cores 21 and 31 of buffer optical fiber 30 and connected optical fiber 20 both sides with the above-mentioned operation gestalt As a clad 32 is made to diffuse not the thing limited to especially this but the germanium (germanium) which heated only the other end 34 of the buffer optical fiber 30 before connection, and was doped by the core 31 and it is shown in drawing 6 You may make it connect it to the end connection 23 of the connected optical fiber 20 by the comparison by welding or the connector.

[0042]

[Example] The PC fiber 10 which are pitch 2.16micrometer of the triangular grid which the fiber outer diameter of 100 micrometers, the diameter of 1.28 micrometers of the pore of a clad, and pore form, and MFD (d1) about 3micrometer, The connected optical fiber 20 (1.3-micrometer zero distribution wavelength single mode fiber) of the single mode which is MFD(d2) 10.8micrometer, It connected by the approach of three examples of connection shown below, incidence of the light with a wavelength of 1.55 micrometers was carried out from the connected optical fiber 20 side, and connection loss of each example of connection was measured. In addition, about what two connections produce (examples 2 and 3 of connection), the connection loss by each connection was measured and those sums were considered as the total connection loss.

[0043] Heating melting of the end connection 14 of the example of (example of connection)-connection 1-PC fiber 10 and the end connection 23 of the connected optical fiber 20 was carried out, and as shown in drawing 7 (a), what compared and connected them so that a medial axis might be in agreement was made into the example 1 of connection. At this time, heating temperature was low set up so that the end connection 14 of the PC fiber 10 might fuse and pore might not be crushed.

[0044] - The distributed compensation fiber with a die length of 1m which is example of connection 2-MFD(d3)4.9micrometer was prepared as a buffer optical fiber 30. And as shown in drawing 7 (b), heating melting of the end connection 14 of the PC fiber 10 and the end 33 of the buffer optical fiber 30 was carried out, while comparing and connecting them so that a medial axis may be in agreement, heating melting of the other end 34 of the buffer optical fiber 30 and the end connection 23 of the connected optical fiber 20 was carried out, and what compared and connected them so that a medial axis might be in agreement was made into the example 2 of connection. At this time, the connection conditions to the buffer optical fiber 30 of the PC fiber 10 presupposed that it is the same as that of the example 1 of connection.

[0045] - After measuring connection loss of the example 2 of example of connection 3-connection, additional heating of the connection of the buffer optical fiber 30 and the connected optical fiber 20 was carried out, clads 22 and 32 were made to diffuse the

germanium (germanium) doped by each core 21 and 31, and as shown in drawing 7 (c), the thing from which it was made for both diameter of MFD to become almost the same was made into the example 3 of connection.

[0046] (Measurement result)

[0047]

[Table 1]

	接続例1	接続例2	接続例3
PCファイバーバッファファイバ間の接続損失 (dB)	—	2.01	2.01
バッファファイバー光ファイバ間の接続損失 (dB)	—	1.22	0.30
総接続損失 (dB)	5.47	3.23	2.31

[0048] A measurement result is shown in Table 1.

[0049] According to this table, the examples 2 and 3 of connection are understood that connection loss is very lower than the example 1 of connection. Moreover, since the connection loss in the connection of the buffer optical fiber 30 and the connected optical fiber 20 which have MFD (d3) of the dimension near MFD (d1) of the PC fiber 10 to connection loss of the connection of the PC fiber 10 and the connected optical fiber 20 being 5.47dB (example 1 of connection) is 1.22dB (example 2 of connection), it turns out that connection loss becomes large in the connection of the PC fiber 10. Furthermore, the fact that connection loss of the connection of the PC fiber 10 and the buffer optical fiber 30 is 2.01dB (examples 2 and 3 of connection) shows that reduction of connection loss is especially achieved in the connection of this PC fiber 10 and the buffer optical fiber 30 to connection loss of the example 1 of connection being 5.47dB. In the example 1 of connection, since the difference of MFD (d1) of the PC fiber 10 and MFD (d2) of the connected optical fiber 20 is very large, it is thought that a great light dissipates by radiation in a connection, and big connection loss is produced. On the other hand, the thing in which two connections will be prepared in the examples 2 and 3 of connection, By interposing the buffer optical fiber 30 whose MFD (d3) is the middle dimension of those things between the PC fiber 10 and the connected optical fiber 20 The difference of MFD between fibers becomes small by each connection, dissipation by the light emission is remarkably controlled by it (setting to the connection of the PC fiber 10 and the buffer optical fiber 30 especially), and it is thought that total connection loss is low suppressed compared with the example 1 of connection.

[0050] Moreover, the example 3 of connection is understood that connection loss is lower than the example 2 of connection. In the example 2 of connection, it is thought that light dissipates by radiation and produces big connection loss relatively in the connection of the buffer optical fiber 30 and the connected optical fiber 20 since the difference of MFD is large. On the other hand, in the example 3 of connection, since the difference of MFD of the buffer optical fiber 30 and MFD of the connected optical fiber 20 in a connection is small, it is thought that dissipation by the light emission is inhibited and connection loss becomes low.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view of the photograph nick crystal fiber in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the perspective view of the optical fiber in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the perspective view of the buffer optical fiber in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is the side elevation of the configuration member for forming the connection structure of the photograph nick crystal fiber in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is the side elevation of the connection structure of the photograph nick crystal fiber in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the side elevation of the connection structure of the photograph nick crystal fiber in other operation gestalten of this invention.

[Drawing 7] It is the side elevation of the connection structure of the photograph nick crystal fiber in an example.

[Drawing 8] It is the side elevation of the connection structure of the photograph nick crystal fiber in the conventional example.

[Drawing 9] It is the side elevation of the connection structure of an optical fiber.

[Description of Notations]

10 Photograph Nick Crystal Fiber

11, 21, 31 Core

12, 22, 32 Clad

13 Covering Section

14 Photograph Nick Crystal Fiber End Connection

20 Connected Optical Fiber

23 Connected Optical Fiber End Connection

30 Buffer Optical Fiber

33 Buffer Optical Fiber End

34 Buffer Optical Fiber Other End

c Connection

dl, ds, d1-d3 Diameter of the mode field

f1, f2 Optical fiber

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

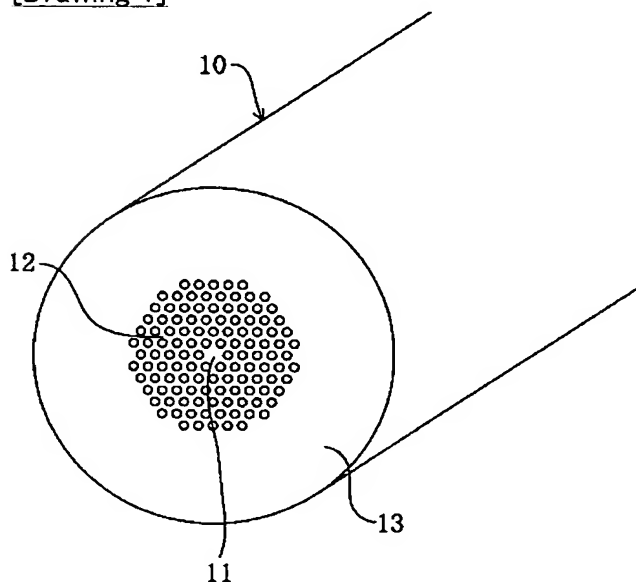
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

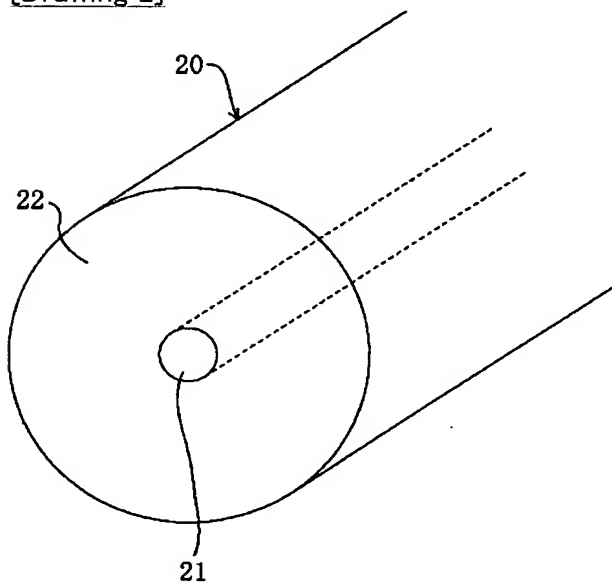
DRAWINGS

---

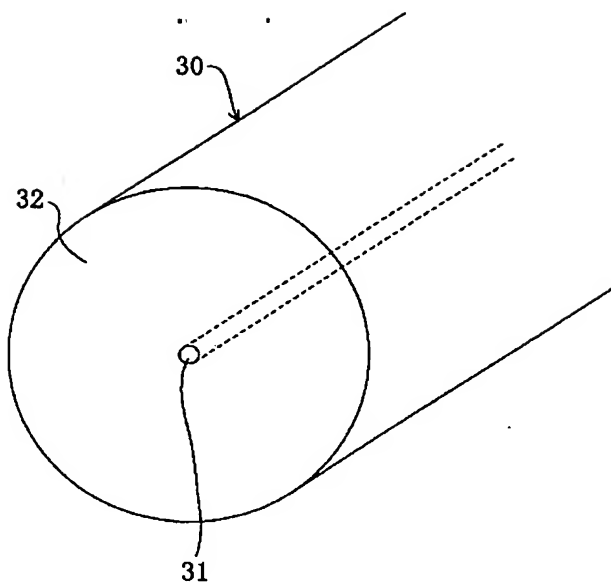
[Drawing 1]



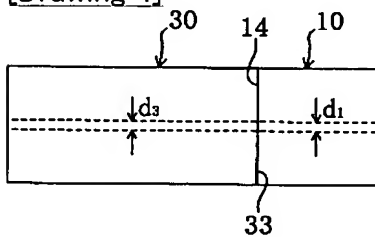
[Drawing 2]



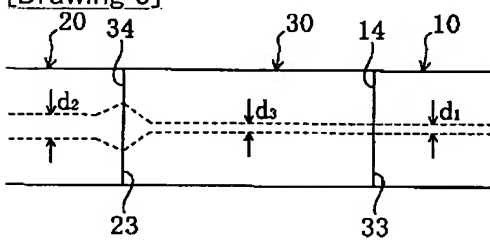
[Drawing 3]



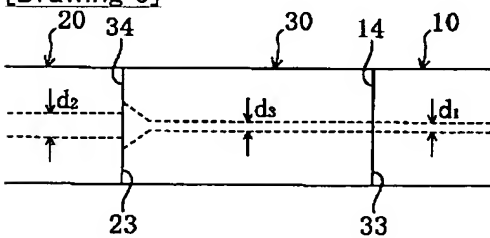
[Drawing 4]



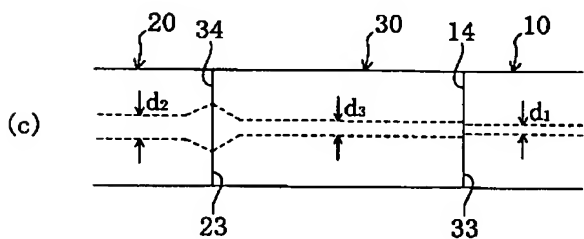
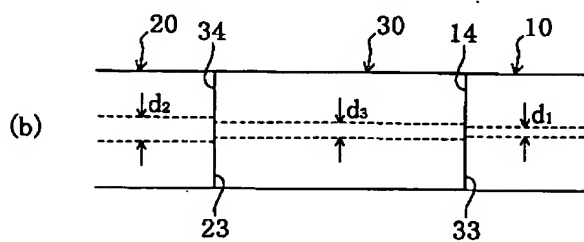
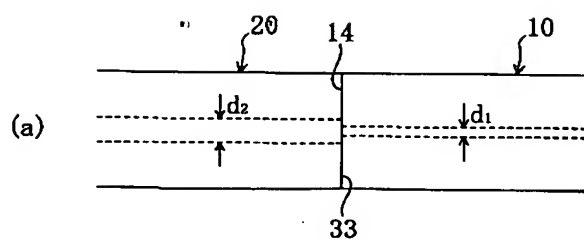
[Drawing 5]



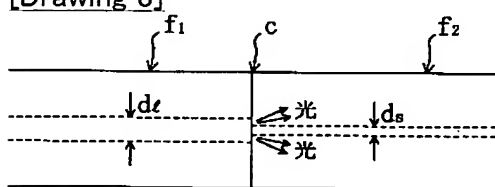
[Drawing 6]



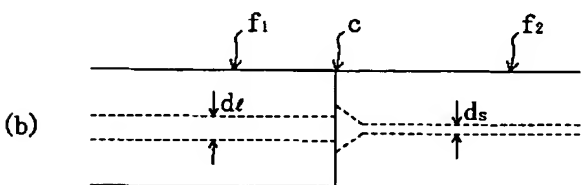
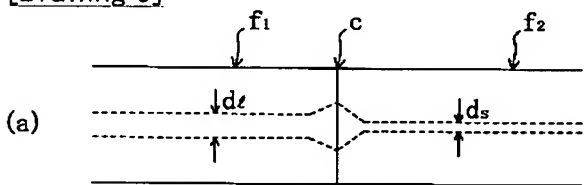
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]